Analisis Laju Korosi Dan Morfologi Permukaan Pada Baja Karbon Dengan Variasi Ketebalan dan Material Pelapisan Terhadap Laju Korosi dan Analisa Morfologi pada Baja Karbon

Shella Arinda[1], Denny Tri Wijayanto[2], dan Vuri Ayu Setyowati[3]
Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya, Indonesia[1,2,3]
e-mail: vuri@itats.ac.id

ABSTRACT

The use of carbon steel as a construction material in the industry is considered more economical than corrosion-resistant alloy materials. However, corrosion is the main problem in using carbon steel as a material. Efforts that are often used to inhibit the occurrence of corrosion are coating. The material that used in this research is AISI 1045 steel and by varying the type of coating and the thickness of the coating used, variations of types of coating used are epoxy, alkyd, and a mixture of epoxy and alkyd, and variations in coating thickness of 1, 2, and 3 layers. The study was conducted by immersing the specimens that had been coated in 1M H_2SO_4 solution for 3 days (72 hours). The purpose of this study was to determine how the effect of the type of coating and coating thickness on the corrosion rate and morphological properties. The method used to obtain the value of the corrosion rate is the weight loss method, while to determine the morphological properties is to perform a visual look and use an SEM test with a magnification of 75×. The results showed that the thicker the coating layer, the smaller the corrosion rate, which indicates that the coating thickness can inhibit the corrosion rate. The type of coating is also very influential in the corrosion rate, as indicated by the corrosion rate of mixed coatings having a lower value than the other coating types.

Keywords: *AISI 1045 steel, alkyd, coating, corrosion, epoxy.*

ABSTRAK

Penggunaan baja karbon sebagai material konstruksi dalam industri dinilai lebih ekonomis daripada material paduan tahan korosi. Namun permasalahan utama dalam penggunaan baja karbon sebagai material adalah permasalahan korosi. Upaya yang sering digunakan untuk menghambat terjadinya korosi adalah pelapisan atau *coating*. Pada penelitian ini, material yang dilakukan pengujian adalah jenis baja AISI 1045 dan dengan memvariasikan jenis cat *coating* serta tebal *coating* yang digunakan. Variasi jenis cat *coating* yang digunakan adalah *epoxy*, *alkyd*, dan campuran (*epoxy+alkyd*) dan variasi ketebalan *coating* 1, 2, dan 3 lapis. Penelitian dilakukan dengan merendam spesimen yang telah diberi *coating* ke dalam larutan H_2SO_4 1M selama 3 hari (72 jam). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh jenis cat *coating* dan ketebalan *coating* terhadap laju korosi dan sifat morfologinya. Metode yang dilakukan untuk mendapatkan nilai laju korosi adalah metode *weight loss*, sedangkan untuk mengetahui sifat morfologinya adalah dengan melakukan penglihatan secara visual dan menggunakan pengujian SEM dengan perbesaran 75×. Pada hasil analisa didapatkan bahwa semakin tebal lapisan *coating* maka nilai laju korosinya semakin kecil yang mengindikasikan bahwa ketebalan *coating* dapat menghambat laju korosi. Jenis *coating* juga sangat berpengaruh dalam laju korosi, ditunjukkan dengan laju korosi *coating* campuran memiliki nilai lebih rendah dari jenis *coating* lainnya,

Kata kunci: *Alkyd*, baja AISI 1045, *coating*, *epoxy*, korosi.

PENDAHULUAN

Peran baja dalam perkembangan dunia industri sangat penting sebagai material yang sering digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti pembangunan infrastruktur, *manufacturing* berbagai *part* dari komponen-komponen transportasi, pembuatan alat persenjataan, pembuatan alat-alat perkakas, dan lain-lain. Baja karbon lebih sering digunakan sebagai material konstruksi dalam industri karena baja karbon merupakan opsi material yang dinilai lebih ekonomis daripada material paduan tahan korosi [1]. Namun yang menjadi masalah utama pada material baja karbon adalah korosi. Korosi merupakan kerugian permukaan yang terjadi ketika permukaan suatu

material terpapar oleh keadaan lingkungan yang reaktif. Korosi disebabkan oleh teroksidasinya metal atau paduan. Bila oksidasi berhenti, maka proses korosi juga dapat berhenti. Beberapa lingkungan yang korosif adalah udara, kelembapan, air garam, gas, laruran asam, larutan basa, dan lain-lain [2]. Korosi yang terjadi pada material dapat menyebabkan penurunan kualitas dari material tersebut sehingga efisiensi dari material tersebut juga mengalami penurunan.

Proses korosi merupakan proses alamiah yang terjadi karena kontak permukaan dengan lingkungan sekitar, sehingga korosi tidak dapat dihilangkan namun korosi dapat dikendalikan [3]. Cara yang paling sering digunakan sebagai upaya pengendalian korosi adalah *coating* atau pelapisan. Pada penelitian ini dilakukan pengujian baja karbon menengah yaitu baja karbon AISI 1045 yang telah diberi perlakuan *coating* dengan variasi jenis *coating* dan variasi ketebalan pelapisan dengan media larutan zat asam berupa asam sulfat. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi jenis *coating* dan variasi ketebalan pelapisan dengan media larutan asam sulfat terhadap laju korosi dan karakteristik morfologi baja karbon AISI 1045.

TINJAUAN PUSTAKA

Baja Karbon

Baja karbon merupakan baja yang mengandung karbon kurang dari 1,5 % dan beberapa unsur seperti Mn, Si, P dan S dalam persentase yang kecil. Berdasarkan persentase dari karbon, baja karbon diklasifikasikan menjadi 3 jenis, yaitu baja karbon rendah (<0,25% C), baja karbon menengah (0,25-0,7% C), dan baja karbon tinggi (0,7-1,05% C). Jenis baja yang dilakukan dalam penelitian ini adalah baja karbon menengah yaitu baja karbon AISI 1045 (0,45 wt% C) yang merupakan jenis baja karbon yang memiliki *hardenability* yang rendah sehingga sering digunakan untuk aplikasi pada transmisi dan poros.

Coating

Salah satu upaya untuk mengendalikan korosi adalah dengan *coating* atau pelapisan. Metode ini dilakukan dengan memberikan suatu lapisan pada permukaan logam, sehingga proses oksidasi pada permukaan logam dapat terhambat. Karakteristik *coating* yang baik untuk mengendalikan korosi adalah memiliki tingkat adhesi yang tinggi terhadap substrat, memiliki ketahanan terhadap aliran elektron, memiliki laju difusi ion yang rendah, memiliki ketebalan yang baik, dan lain-lain. Beberapa jenis *coating* yang memiliki resistivitas yang baik adalah *epoxy*, vinyl, chlorinated rubbers, dan lain-lain [2].

Korosi

Korosi merupakan proses degradasi/deteorisasi/perusakan material yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan dan sekitarnya. Ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya korosi diantara lain temperatur, kelembaban udara, pH, kadar oksigen, dan kecepatan aliran [4]. Terdapat 4 elemen agar korosi dapat terjadi, yaitu anoda, katoda, elektrolit, kontak metalik. Dua elektroda telah terhubung secara eksternal melalui konduktor metalik. Ion positif atau ion mengalir dari anoda e katoda melalui elektrolit dan ion negative atau elektron mengalir dari anoda ke katoda melalui kontak metalik [5].

Reaksi yang akan terjadi saat korosi adalah:

Anoda: $4Fe \rightarrow 4Fe^{2+} + 8e^-$ (oksidasi)

Katoda: $4H_2O + 2O_2 + 8e^- \rightarrow 8OH^-$ (reduksi)

$4Fe^{2+} + 8OH^- \rightarrow 4Fe(OH)_2$

$4Fe(OH)_2 + O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3.2H_2O$ (karat)

$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ gas (suasana asam)

Laju Korosi

Parameter yang menunjukkan tingkat penetrasi korosi yang terjadi pada suatu material dan juga sebuah parameter yang sering digunakan pada pengujian korosi disebut laju korosi. Parameter ini mengetahui berapa banyaknya material yang teroksidasi tiap satuan waktu. Laju

korosi dapat dihitung dengan 2 metode yaitu metode weight gain loss atau kehilangan berat dan metode elektrolisis. Penelitian ini menggunakan metode *weight loss* dikarenakan metode ini mudah untuk dilakukan. Persamaan yang digunakan untuk mengetahui laju korosi sesuai dengan standar ASTM G1-03 sebagai berikut:

$$CR = \frac{K \cdot W}{D \cdot A \cdot t} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

Dimana:
CR = Laju korosi (mpy)
K = konstanta ($3{,}45 \times 10^6$)
W = berat yang hilang (gram)
D = massa jenis logam (g/cm^3) (baja AISI 1045 = 7,87 g/cm^3)
A = luas dari spesimen (cm^2)
t = waktu (jam)

METODOLOGI PENELITIAN

Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon AISI 1045 dengan model *round bar*. Spesimen memiliki dimensi diameter 25 mm dan tinggi 30 mm. Jenis *coating* yang digunakan adalah *liquid coating* berupa *epoxy* (*Nippon Paint Nippon 1K Epoxy Filler*) dan *alkyd* (*Propan Metalkote Anti Corrosion Coating*). Media korosif yang digunakan adalah asam sulfat (H_2SO_4) yang dilarutkan dalam aquades untuk mendapatkan konsentrasi 1 M. Peralatan yang dibutuhkan antara lain aquarium kaca, kertas gosok, dan timbangan digital.

Preparasi Spesimen

Material baja dipotong sebanyak 10 spesimen sesuai dimensi yang ditentukan. Kemudian permukaan spesimen dibersihkan menggunakan kertas gosok untuk menghilangkan kotoran maupun karat dan untuk mengkasarkan permukaan sehingga lapisan *coating* melekat pada permukaan spesimen.

Proses *Coating* dan Perendaman

Pada penelitian ini, proses *coating* dilakukan sebanyak 3 sistem, yaitu menggunakan *epoxy*, *alkyd*, dan campuran *epoxy+alkyd* dengan masing-masing menggunakan 3 variasi pelapisan, yaitu 1 lapis, 2 lapis, dan 3 lapis. Kemudian penimbangan awal dilakukan setelah spesimen dilakukan proses *coating*. Spesimen yang sudah dilakukan penimbangan kemudian direndam pada larutan asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 1 M selama 3 hari. Setelah proses perendaman, spesimen diangkat lalu dilakukan penimbangan untuk mengetahui perubahan berat spesimen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju Korosi

Laju korosi dianalisa dengan metode *weight loss*. Penelitian dilakukan dengan mengamati kehilangan massa baja karbon AISI 1045 setelah direndam pada larutan H_2SO_4 dengan konsentrasi 1 M selama 3 hari (72 jam). Massa awal benda adalah massa spesimen setelah diberi *coating* yang ditunjukkan pada tabel 1.

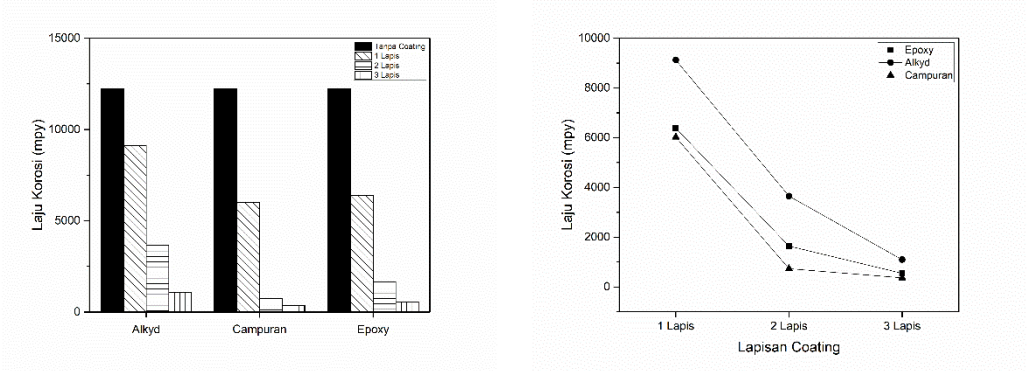
Tabel 1. Massa spesimen sebelum *coating* dan setelah *coating* serta massa pelapis

Material *Coating*	Lapisan *Coating*	Massa Sebelum *Coating*	Massa Setelah *Coating*	Massa Pelapis
Epoxy	1 Lapis	114 gram	114 gram	0 gram

Material *Coating*	Lapisan *Coating*	Massa Sebelum *Coating*	Massa Setelah *Coating*	Massa Pelapis
	2 Lapis	114 gram	115 gram	1 gram
	3 Lapis	114 gram	116 gram	2 gram
Alkyd	1 Lapis	114 gram	115 gram	1 gram
	2 Lapis	114 gram	116 gram	2 gram
	3 Lapis	114 gram	117 gram	3 gram
Epoxy+Alkyd	1 Lapis	114 gram	115 gram	1 gram
	2 Lapis	114 gram	116 gram	2 gram
	3 Lapis	114 gram	117 gram	3 gram

Untuk mendapatkan nilai laju korosi, dilakukan perhitungan dengan rumus pada persamaan (1). Pada hasil perhitungan nilai laju korosi menunjukkan bahwa spesimen dengan tanpa perlakuan/tanpa *coating* memiliki nilai laju korosi yang sangat tinggi dibandingkan dengan spesimen yang diberi perlakuan *coating* yaitu sebesar 12227,23 mpy. Hal ini menunjukkan bahwa spesimen yang diberi perlakuan *coating* dinilai efektif untuk menghambat laju korosi. Tebal lapisan *coating* juga berpengaruh terhadap laju korosi ditunjukkan dengan spesimen dengan lapisan *coating* 1 lapis memiliki nilai laju korosi lebih tinggi dibandingkan dengan nilai laju korosi pada spesimen dengan lapisan *coating* 2 lapis dan 3 lapis.

Keefektifan penggunaan *coating* juga dapat dianalisa melalui diagram batang pada gambar 1a. Pada diagram tersebut menunjukkan bahwa dengan diberinya perlakuan *coating*, maka dapat menurunkan nilai laju korosi. Pada gambar 1b dapat diketahui bahwa nilai laju korosi paling tinggi terdapat pada spesimen dengan *coating* jenis *alkyd* sedangkan nilai laju korosi paling rendah terdapat pada spesimen dengan *coating* jenis campuran *epoxy* dan *alkyd*. Pada grafik tersebut juga dapat diketahui bahwa semakin tebal lapisan *coating*, maka semakin rendah nilai laju korosinya. Namun, menurut Afandi dkk. dengan meningkatnya ketebalan *coating* maka resiko terjadinya kegagalan *coating* sehingga tidak menjamin dapat menghambat laju korosi dengan sempurna [5]. Hal ini menujukkan bahwa ketebalan *coating* sangat berpengaruh dan dinilai sangat efektif untuk menghambat laju korosi yang terjadi.



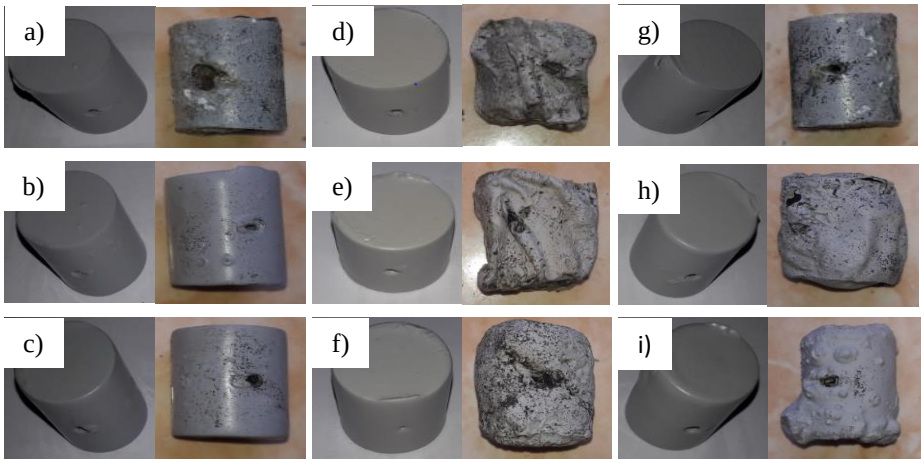
(a) (b)

Gambar 1. (a) Diagram laju korosi terhadap jenis *coating* dan (b) diagram laju korosi terhadap ketebalan lapisan *coating*.

Pengamatan Visual

Pada gambar 2 menunjukkan tampak visual dari spesimen setelah dilakukan *coating* dan setelah direndam pada larutan H_2SO_4 1M selama 72 jam. Spesimen dengan jenis *coating epoxy* terlihat ada beberapa lapisan *coating* yang terkikis akibat larutan media korosif yang ditunjukkan

pada gambar 2a untuk 1 lapis dan terlihat semakin tebal lapisan *coating* semakin sedikit lapisan *coating* yang terkikis ditunjukkan pada gambar 2c.



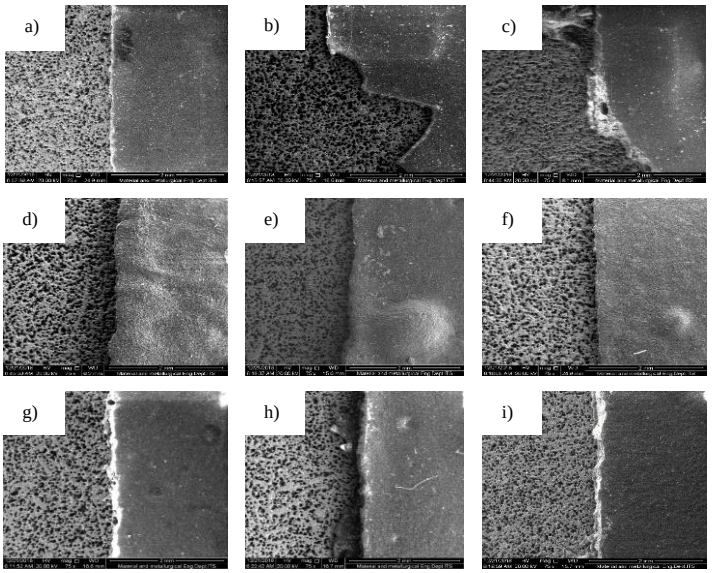
Gambar 2. Spesimen setelah dilakukan *coating* dan setelah direndam; a) *Epoxy* 1 lapis, b) *epoxy* 2 lapis, c) *epoxy* 3 lapis, d) *alkyd* 1 lapis, e) *alkyd* 2 lapis, f) *alkyd* 3 lapis, g) campuran 1 lapis, h) campuran 2 lapis, i) campuran 3 lapis.

Pada spesimen dengan jenis *coating alkyd* terdapat kerusakan pada spesimen ditunjukkan dengan terindikasinya *wrinkling* atau pengerutan cat dari lapisan spesimen, sehingga larutan H_2SO_4 mudah mengikis permukaan spesimen. Pada spesimen dengan jenis *coating alkyd* 3 lapis juga terindikasi adanya *blistering* atau penggelembungan cat yang disebabkan oleh beberapa faktor yaitu aplikasi cat yang terlalu tebal dan interval pengecatan yang terlalu cepat. Interval terlalu cepat adalah saat spesimen dilakukan *coating* lapisan pertama dan belum kering secara menyeluruh lalu langsung dilakukan *coating* lagi. Hal ini menyebabkan lapisan *coating* terkelupas dan meningkatkan laju korosi.

Pada spesimen dengan jenis *coating* campuran juga terindikasi adanya penggelembungan cat yang berpengaruh juga dengan laju korosi spesimen, namun karena pada lapisan *coating* terkandung jenis *epoxy*, resistansi *coating* juga semakin tinggi sehingga dampak dari penggelembungan cat tidak terlalu besar.

Pengamatan Morfologi dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Pada gambar 3 menunjukkan hasil dari pengujian SEM dengan perbesaran 75x dengan bagian sebelah kanan adalah tampak *coating* dan sebelah kiri adalah permukaan spesimen yang mengalami korosi. Pada hasil SEM terlihat bahwa kesepuluh spesimen cenderung mengalami korosi jenis korosi seragam atau *uniform attack*. Korosi seragam memang biasa terjadi pada pelat baja atau logam homogen yang disebabkan oleh reaksi kimia atau pH lingkungan serta kelembaban udara kemudian mengakibatkan menipisnya logam. Pada hasil tersebut juga terdapat indikasi *blistering* atau penggelembungan cat pada spesimen dengan jenis *coating alkyd* yaitu pada gambar 3d, 3e, dan 3f. Spesimen dengan jenis *coating* campuran 3 lapis dan dengan jenis *coating epoxy* 3 lapis menunjukkan bahwa permukaan yang terkorosi terlihat lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa jenis dan ketebalan *coating* berpengaruh pada laju korosi dan dinilai efektif untuk menghambat laju korosi.



Gambar 3. Hasil SEM dengan perbesaran 75x pada spesimen; a) *epoxy* 1 lapis, b) *epoxy* 2 lapis, c) *epoxy* 3 lapis, d) *alkyd* 1 lapis, e) *alkyd* 2 lapis, f) *alkyd* 3 lapis, g) campuran 1 lapis, h) campuran 2 lapis, h) campuran 3 lapis.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa jenis *coating* dan ketebalan *coating* sangat mempengaruhi laju korosi. Hal ini ditunjukkan dengan nilai laju korosi pada spesimen yang menggunakan jenis *coaing alkyd* memiliki nilai laju korosi paling tinggi diantara jenis *coating* lainnya dan juga jenis *coating* campuran memiliki nilai laju korosi yang paling rendah. Dari hasil tersebut juga dapat diidentifikasi bahwa semakin tebal lapisan *coating*, maka semakin efektif *coating* tersebut untuk menghambat laju korosi. Namun proses pelapisan harus dilakukan dengan baik agar tidak terjadi penggelembungan atau pengerutan yang dapat membuat *coating* menjadi kurang efektif.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. Dwivedi, K. Lepková, and T. Becker, “Carbon steel corrosion: a review of key surface properties and characterization methods,” *RSC Adv.*, vol. 7, no. 8, pp. 4580–4610, 2017, doi: 10.1039/C6RA25094G.

[2] Z. Ahmad, *Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control*. 2006.

[3] F. Gapsari, Pengantar Korosi, Universitas Brawijaya Press, 2017.

[4] B. Utomo, “Jenis Korosi Dan Penanggulangannya,” *Kapal*, vol. 6, no. 2, 2019.

[5] Y. K. Afandi, I. S. Arief, J. Teknik, S. Perkapalan, and F. T. Kelautan, “Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating,” vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 2017.